

بررسی زمین باستان‌شناسی برای منشأیابی سنگ‌های استفاده‌شده در ساخت بناهای ساسانی شهر بیشاپور

محمدحسین رضایی*

استادیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه نیشاپور

کوروش احمدی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باستان‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کازرون

(از ص ۵۷ تا ۷۲)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۲/۱۸؛ تاریخ پذیرش قطعی: ۹۶/۰۸/۱۰

چکیده

سلسله ساسانی که نامشان را از ساسان بزرگ پارس و موبد موبدان معبد آناهیتا در استخر گرفته‌اند، از سده سوم تا سده هفتم میلادی در ایران حکومت کردند. مهم‌ترین ابنیه این دوره را کاخ‌های عظیم و باشکوه شاهان تشکیل می‌دهد. شهر بیشاپور از جمله مهم‌ترین شهرهای دوره‌ی ساسانی محسوب می‌شود که در شهرستان کازرون واقع است. در طی یک بررسی باستان‌شناسی در اطراف جاده باستانی و سنگفرش مربوط به عصر ساسانی واقع در منطقه کوهستانی موسوم به کتل دختر در شرق شهرستان کازرون، آثار و بقایای چند توده‌ی سنگی از عصر ساسانی به‌دست آمده که بر اساس بررسی و تحقیقات باستان‌شناسان اداره میراث فرهنگی شهرستان کازرون، مشخص شد که این دو مکان به‌عنوان معدن سنگ مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. سنگ از جمله مصالحی است که برای ساخت بناهای بیشاپور استفاده شده است. با توجه به اینکه در بیشتر موارد بررسی‌های باستان‌شناختی بر شواهد مادی استوار است، بنابراین شناخت هرچه بهتر این داده‌ها و تفسیر آن‌ها با استفاده از علوم میان‌رشته‌ای ضرورت می‌یابد. بر همین اساس، در این پژوهش ابتدا بررسی میدانی و نمونه برداری از سنگ‌های مورد استفاده در ساخت بناهای بیشاپور صورت گرفته است و پس از نمونه برداری از بناهای بیشاپور، به مقایسه نمونه‌های اخذ شده از سایر معادن سنگ شناسایی شده (بر پایه‌ی روش‌های آزمایشگاهی) برای پی بردن به منبع احتمالی استخراج سنگ‌ها پرداخته شده است. برای دستیابی به این امر، روش‌های آزمایشگاهی مطالعه مقاطع نازک سنگ‌ها، و همینطور آنالیز XRD و XRF به‌کار گرفته شد و با انجام آزمایش‌ها مشخص شد که سنگ‌های معادن و بناهای دوره‌ی ساسانی بیشاپور (کاخ والرین، معبد آناهیتا و برج و باروها) جنس، ترکیبات و ساختار مشابهی دارند.

واژه‌های کلیدی: زمین‌باستان‌شناسی، بیشاپور، معادن، آنالیز، مقطع نازک

* رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: mohammad.1561@yahoo.com

۱. مقدمه

اردشیر اول در سال ۲۲۶ م پس از شکست اردوان پنجم آخرین پادشاه پارت، سلسله ساسانی را بنیان گذاشت. دوران ساسانی از نظر سیاسی و عقیدتی، نماینده‌ی طغیان ملی ایرانیان علیه پارتیان، غاصبان قدرت بود و هدف آن نیز احیای امپراطوری هخامنشی بود. این هدف، طبیعتاً در هنر این دوران نیز منعکس شد: «هنری بود ذاتا درباری که همیشه در پی اثبات ارتباط و پیوندش با سنن هنری دوره هخامنشی بود.» (بوسایی و شراتو، ۱۳۷۶: ۳۵) معماری ساسانی تنوع گسترده‌ای از بناهای مسکونی، کاخ‌ها، بناهای مذهبی، قلاع و استحکامات نظامی، پل‌ها و موارد دیگر را شامل می‌شود، اما مهم‌ترین ابنیه این دوره را کاخ‌های عظیم و باشکوه شاهان از جمله شهر بیشاپور، کاخ سروستان و کاخ فیروزآباد تشکیل می‌دهند. در تعیین نوع مصالح به‌کاررفته در ساخت بناهای دوره‌ی ساسانی، چند عامل نقش داشته‌اند که از جمله می‌توان به اوضاع جغرافیایی، اقتصادی، اقلیمی و کارکرد بنا اشاره داشت. بر این اساس، خشت خام به عنوان یک ماده ساختمانی بیشترین اهمیت را داشته، که در بناهایی همچون کاخ دامغان، خانه اربابی حاجی‌آباد، کیش و تیسفون به‌کار برده شده است. از آجر برای طاق‌ها و گنبد‌ها در بناهایی مانند ایوان کرخه، تخت سلیمان و تیسفون استفاده شده است. اما لاشه سنگ و ملاط گچ بیش از هر نوع مصالح دیگری در دوره ساسانی استفاده می‌شد که، تابع سنت‌های محلی ساختمان‌سازی بود. این نوع مصالح در بناهایی چون قلعه دختر فیروزآباد و بیشتر چهارطاقی‌های این دوره به‌کار رفته است. سنگ‌های قالبی تراش‌خورده نیز در برخی از بناهای این دوره از جمله بیشاپور، تخت سلیمان و کنگاور دیده می‌شود.

۲. منطقه مورد مطالعه

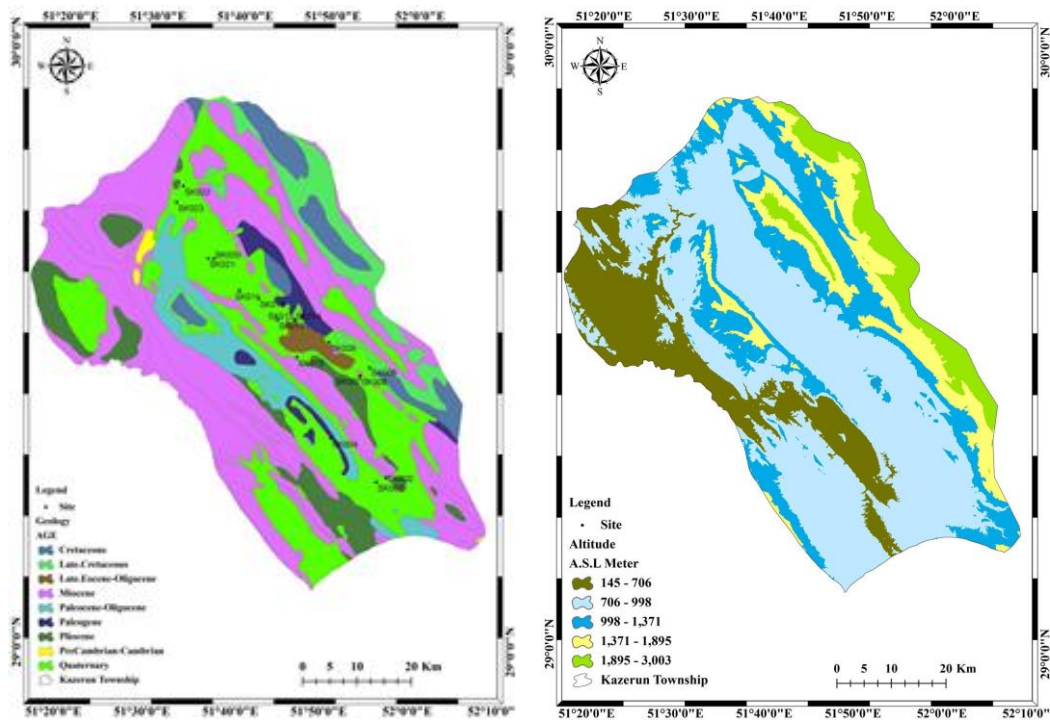
شهرستان کازرون در منطقه‌ای به طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۵ دقیقه و عرض ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه، در مغرب استان فارس و در ارتفاع ۷۳۲ متری از سطح دریا قرار دارد (تصویر ۱). دشت کازرون در ناودیسی قرار گرفته که قسمت بزرگی از آن را رسوبات دوران چهارم پوشانده است. این منطقه بین دو رشته‌کوه (دو دیواره عظیم شمالی و جنوبی) و انگار در صدفی دهان گشوده می‌درخشد (شیخ‌الحکامی، ۱۳۸۵: ۱۹). این شهرستان از شمال به ممسنی و بهبهان، از مشرق و شمال شرقی به شیراز، از جنوب غربی و مغرب به قسمتی از شهرستان برازجان و بوشهر و از جنوب شرقی به فیروزآباد محدود است. مساحت شهرستان کازرون در حدود ۴۱۱۹ کیلومتر مربع و در جلگه‌ای به طول ۸۶ و عرض ۹۰ کیلومتر واقع شده است (تصویر ۲). این شهرستان از لحاظ ریخت‌شناسی در ناحیه‌ی کوهستانی واقع شده و با کوه‌های مرتفع محصور شده است و امتداد کوه‌های آن مانند سایر نقاط فارس از شمال غربی به جنوب شرقی است (مظفریان، ۱۳۷۳: ۲۴). تشکیلات زمین‌شناسی این شهرستان متعلق به دوران سوم (پلیوسن) و اول (کامبرین) است (تصویر ۳) (زیاری، ۱۳۸۴: ۲۱). بیشاپور در فاصله ۲۵ کیلومتری غرب کازرون، در حاشیه‌ی رودخانه‌ی شاپور، در کنار جاده شاهی که در زمان هخامنشیان تخت‌جمشید را به شوش و در دوره‌ی ساسانی به تیسفون متصل می‌کرد، واقع شده است. این شهر نخستین‌بار در زمان شاپور اول ساسانی به‌عنوان پایتخت برگزیده شد (مظفریان، ۱۳۷۳: ۷۰). گستردگی این شهر در حدود ۲۰۰ هکتار برآورد شده است. این شهر دربرگیرنده‌ی بناهای مذهبی و حکومتی (ارگ سلطنتی - معبد آناهیتا - ایوان موزاییک - تالار تشریفات شاپور - کاخ والرین - ستون‌های یادبود - آتشکده ساسانی - برج و باروهای مربوط به دوره ساسانی و بناهای مسجد و یا مدرسه - قلعه و حمام‌های دوران اسلامی) بوده است. شهر زیبای بیشاپور، برطبق

نقشه‌ی شهرسازی، به صورت مستطیل ساخته شده و دو خیابان شمالی جنوبی و شرقی غربی آن در مرکز شهر یکدیگر را قطع می‌کرده‌اند. این شهر که در حدود دو کیلومتر طول و یک کیلومتر پهنا داشته، مرکز اصلی و اداری شاپور کوره، بوده است (گیرشمن، ۱۳۸۷: ۲۲). بین سال‌های ۱۳۱۴-۱۳۱۹ شمسی، با اجازه دولت ایران، برای نخستین بار ژرژ سال و رومن گریشمن نمایندگان اعزامی از موزه لوور پاریس، به کاوش‌های علمی باستان‌شناسی در این شهر تاریخی اقدام کردند. ۲۸ سال بعد یعنی در ۱۳۴۷ مرکز باستان‌شناسی وزارت فرهنگ و هنر، با توجه به اهمیت این شهر عظیم و بی‌نظیر، تصمیم گرفت که تحقیقات را به صورت ادامه‌ی حفاری و تعمیر و مرمت بناهای مکشوفه انجام دهد. بر اساس این تصمیم هیئت باستان‌شناسی ایرانی، به ریاست علی‌اکبر سرفراز از بهمن همان سال، در بیشاپور کار خود را آغاز کرد. بعد از انقلاب کاوش‌های دیگری به سرپرستی علی‌اکبر سرفراز، محمد مهریار، رضا نوروزی، ناصر چگینی و مصیب امیری در طی سالیان مختلف در شهر بیشاپور صورت گرفت.

در طی یک بررسی باستان‌شناسی در اطراف جاده‌ی باستانی و سنگفرش مربوط به عصر ساسانی واقع در منطقه‌ی کوهستانی موسوم به کتل دختر در شرق شهرستان کازرون، آثار و بقایای چند توده سنگی از عصر ساسانی به دست آمد که بر اساس بررسی‌های باستان‌شناسان اداره‌ی میراث فرهنگی شهرستان کازرون، این دو مکان احتمالاً به عنوان معدن سنگ مورد استفاده قرار می‌گرفته است. این دو معدن یکی در قسمت بالایی جاده‌ی باستانی و دیگری در دامنه‌ی کوه و با کمی فاصله از جاده‌ی باستانی قرار دارد و معدن سنگ اولی دارای وسعت بیشتری نسبت به معدن سنگ دومی است. نکته‌ی قابل توجه در خصوص معادن سنگ باستانی کشف شده این است که در حاشیه‌ی این معادن، آثار بست‌های آهنی بر روی سنگ‌ها مشاهده می‌شود. سنگ از جمله مصالحی است که برای ساخت بناهای بیشاپور استفاده شده است. با توجه به اینکه در اغلب موارد بررسی‌های باستان‌شناسی بر شواهد مادی استوار است، بنابراین شناخت هرچه بهتر این داده‌ها و تفسیر آن‌ها با استفاده از علوم میان‌رشته‌ای ضرورت می‌یابد. با توجه به اینکه تاکنون پژوهشی بر روی منشأیابی سنگ‌های مورد استفاده در ساخت بناهای بیشاپور صورت نگرفته، انجام این پژوهش ضروری به نظر می‌رسد. بر همین اساس در این پژوهش با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی معمول سنگ‌های بناهای ساسانی بیشاپور و همچنین معادن سنگ شناسایی شد و برای پاسخ به پرسش‌های پیش‌رو مورد مطالعه قرار گرفت.



تصویر ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان کازرون بر روی نقشه ایران



تصویر ۳. زمین‌شناسی کازرون

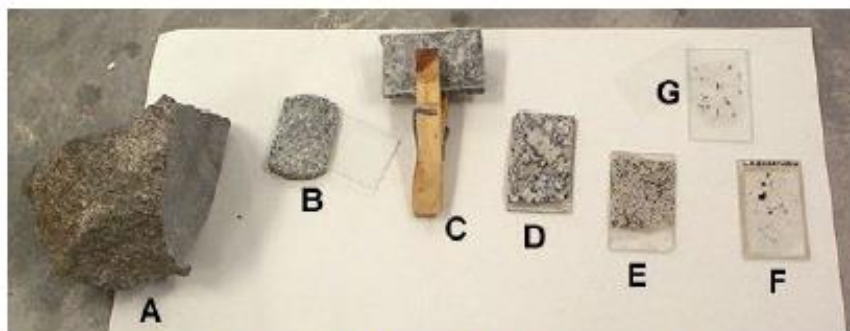
تصویر ۲. توپوگرافی شهرستان کازرون

۳. پیشینه و روش پژوهش

نظیر این مطالعات در سایر کشورها یونان، ایتالیا و مصر روی اشیای مختلف از جمله سنگ صورت گرفته است. نمونه‌ی چنین مطالعاتی، بررسی‌هایی است که مؤسسه‌ی معدن‌شناسی دانشگاه استرالیا روی شماری از ساخته‌های مرمری قبور رومی منطقه‌ی فسچندورف انگلیس انجام داد و در طی آن مشخص شد که مرمرهای جنوب منطقه‌ی ترولین را به این مکان منتقل می‌کردند (Polikreti and Maniatis 2002). چندین روش مطالعه‌ی باستان‌سنجی برای منشأیابی سنگ‌های مرمری که در کلیسای سارسینا در مرکز ایتالیا (مربوط به قرن ۸ تا ۹ میلادی) مجدداً مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به کار گرفته شد و مشخص شد که سنگ‌ها از منطقه‌ی مرمره در آسیای صغیر وارد شده‌اند (Antonelli *et al.* 2016). در مطالعه‌ی دیگری سنگ آسیاب بازالتی منطقه‌ی مورگانتینا سوئد مورد آزمایش مقطع نازک و کانی‌شناسی قرار گرفتند و مشخص شد که منشأ این سنگ‌ها منطقه‌ی اتنا در شمال شرقی مورگانتینا است (Santi *et al.* 2014). همچنین بر اساس آزمایش‌های پتروگرافی و ردیابی عناصر، سنگ آسیاب منطقه سلینونتی در ایتالیا مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که این سنگ‌ها از کوه اتنا و هیبلین و برخی از سنگ‌ها نیز از جزایر ائولین وارد شده‌اند (Gluhak and Schwall 2015). در کشور ما نیز، وجود سازه‌های سنگی از ادوار مختلف انجام چنین مطالعاتی را ضروری می‌سازد. از جمله پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های سید محی‌الدین جعفری با موضوع «بررسی ماکروسکوپی و میکروسکوپی ستون‌های سنگی کاخ هخامنشی و معدن باستانی پوزه پلنگی راهدار» (۱۳۸۴)، بررسی‌های حمید امان‌الهی در خصوص «مطالعه تنوع سنگ‌های به‌کاررفته در تختگاه تخت جمشید براساس مطالعات باستان‌شناسی و سنگ‌شناسی» (۱۳۸۴) و همچنین پژوهش‌های مسعود رشیدی‌نژاد بر روی پایه‌ستون‌های هخامنشی هگمتانه (۱۳۸۶) اشاره کرد.

پژوهش حاضر برای نخستین بار، به بررسی تطبیقی منابع سنگ‌های مورد استفاده برای ساخت بناهای دوره‌ی ساسانی بیشاپور بر اساس روش‌های آزمایشگاهی می‌پردازد. در این پژوهش ابتدا بررسی میدانی و نمونه‌برداری از سنگ‌های مورد استفاده در ساخت بناهای بیشاپور صورت گرفته است و پس از نمونه‌برداری از بناهای بیشاپور، به مقایسه نمونه‌های اخذ شده از سایر معادن سنگ شناسایی شده (بر پایه‌ی روش‌های آزمایشگاهی) برای پی‌بردن به منبع احتمالی استخراج سنگ‌ها پرداخته شده است. از جمله روش‌ها و آزمایش‌هایی که در این پژوهش به‌کار گرفته شده، می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: الف- روش مقاطع نازک، که در این روش از هر منطقه چند نمونه برداشت و از مقاطع نازک سنگ‌ها عکس تهیه می‌شود و بر این اساس نوع سنگ‌های به‌کار رفته در ساخت بنا مشخص می‌شود. یکی از نکات بسیار مهم، انتخاب جهت برش نمونه است. پس از انتخاب جهت برش، ابتدا سنگ و یا کانسنگ مورد مطالعه به شکل مکعب‌مستطیل برش داده می‌شود (تصویر ۴). ابعاد این برش به اندازه‌ی لام میکروسکوپ مورد استفاده بستگی دارد. عرض بلوک در حدود ۲۶ میلی‌متر و طول آن برای لام‌های بلند ۵۰ و برای لام‌های کوتاه ۳۵ میلی‌متر است. پس از برش، به کمک پودرهای کاربید سلیسیم یک سطح بلوک به‌طور کامل استفاده می‌شود. در صورتی‌که نمونه دارای تخلخل و یا دارای کانی‌های با سختی زیاد و کم در کنار هم باشد، این مرحله تنها باید با استفاده از پودر نرم انجام پذیرد. سپس سطح ساییده شده را با استفاده از چسب دوقلو به لام می‌چسبانند. به‌منظور گیرش بهتر، یک سطح لام نیز باید به کمک پودرهای ساینده مات شود.

ب- روش دوم آنالیز XRD است که، در این روش نمونه‌های سنگی تجزیه شده و اکسیدهای اصلی (Cao, SiO₂,...) بدست می‌آیند، در این روش از هر مکان ۵ تا ۸ نمونه تهیه می‌شود. ناحیه پرتو x در طیف الکترومغناطیس در محدوده‌ی بین پرتو و فرابنفش قرار دارد. با استفاده از این ناحیه‌ی طیفی می‌توان اطلاعاتی در خصوص ساختار، جنس ماده و نیز تعیین مقادیر عناصر به‌دست آورد و در نهایت روش آنالیز XRF است که با تجزیه‌ی ۲۳ عنصر (عناصر اصلی اعم از Cu، Fe و...) و مشخص کردن درصد آن‌ها می‌توان ترکیب شیمیایی سنگ‌ها را تعیین نمود. در این روش پرتو ایکس به نمونه تابیده و برانگیختن اتم‌ها باعث پدید آمدن پرتو ایکس ثانویه می‌شود. با تعیین طول موج یا انرژی پرتو ایکس ثانویه، عنصرهای موردنظر را می‌توان شناسایی کرد. آزمایش‌های ذکر شده در بالا در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی صورت گرفته است.



تصویر ۴. ترتیب مراحل آماده‌سازی مقاطع نازک از قطعه سنگ تا مقطع نازک

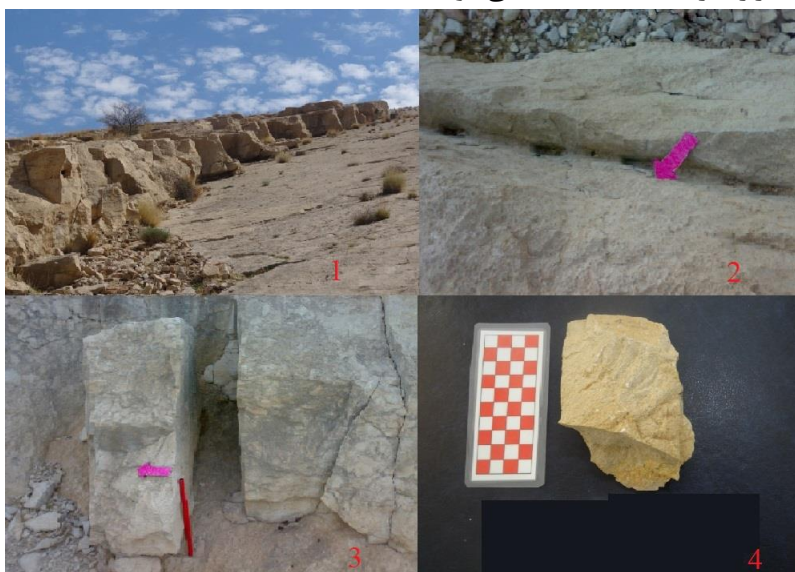
۴. نتایج تحقیق

در طی بررسی‌های میدانی صورت‌گرفته، پنج معدن سنگ شناسایی شد که در ادامه به معرفی این معادن پرداخته خواهد شد (تصویر ۵).



تصویر ۵. موقعیت مکانی شهر بیشاپور و معادن شناسایی شده

۴.۱. معدن سنگ شماره ۱ بیشاپور: معدن شماره یک بیشاپور در ضلع شمالی شهر تاریخی بیشاپور و در جنوب قلعه‌دختر و در موقعیت جغرافیایی $29\ 46.45\ 67\ N$ و $51\ 34.51\ 86\ E$ واقع شده است. این معدن دارای ۲۳ متر طول و ۱۶ متر عرض و مساحتی در حدود ۳۶۸ متر مربع است و به شکل توده سنگی در ارتفاع ۵۴ متری از بالا نسبت به سطح دشت نمایان است. معدن ذکر شده، در دوره‌ی ساسانی با توجه به نوع کیفیت سنگ توانسته است مورد توجه حجاران قرار گیرد. در این معدن بیشتر سنگ‌ها به شکل یکپارچه و بزرگ جدا شده‌اند، که آثار و شواهدی از بست‌های دوره‌ی ساسانی بر روی آن‌ها دیده می‌شود. در بعضی از قسمت‌های این معدن، سنگ‌ها به شکل لایه‌ای بر روی هم قرار گرفته‌اند، اما در قسمت پایین معدن کاران خاک را کنار زده‌اند تا سنگ‌ها کاملاً نمایان شوند و بعد کار برش سنگ‌ها را انجام می‌داده‌اند. سنگ‌های این معدن در ابعاد مختلف و به شکل مکعب‌مستطیل نامنظم جدا می‌شده و به احتمال فراوان به داخل شهر بیشاپور حمل می‌شده و در کارگاه سنگ‌تراشی به شکل منظم درمی‌آمدند. بر روی بعضی از سنگ‌های جدا شده از معدن نشانه‌هایی از جای ابزار ضربه به سنگ دیده می‌شود (تصویر ۶).



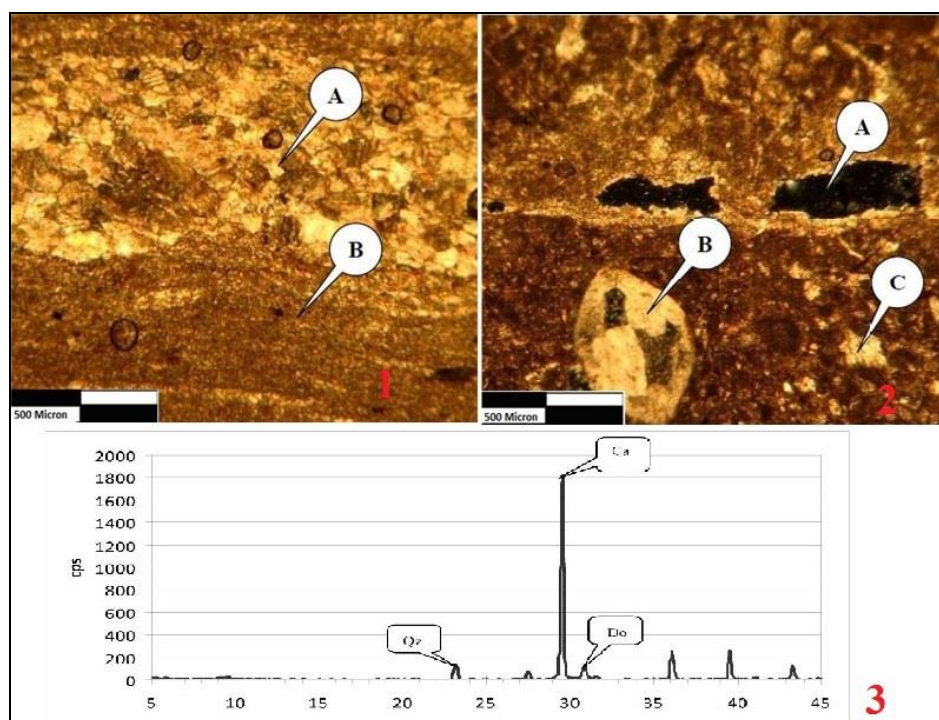
تصویر ۶. معدن شماره ۱ بیشاپور و نمونه سنگ برداشت شده برای انجام آزمایش‌ها

۴،۲. معدن سنگ ساسانی شماره ۲ بیشاپور: معدن سنگ ساسانی شماره ۲ بیشاپور در شمال شهر تاریخی بیشاپور و به فاصله‌ی ۲۳۵ متری از این شهر باستانی قرار دارد. این معدن سنگ دارای ۴۳ متر طول و ۱۸ متر عرض و مساحتی در حدود ۷۷۴ متر است. معدن ذکر شده در موقعیت جغرافیایی N 29 474 28 و E 51 34.46 واقع شده است. این معدن در ارتفاع به نسبت بلند کوه تنگ چوگان و به شکل یکپارچه از صفحه‌ی سنگی که دارای خطوط نامنظم طبیعی است، شکل گرفته است. سنگ‌ها در ابعاد و اندازه‌های مختلف و به شکل مکعب مستطیل می‌باشند که یکی دارای ۱ متر طول، ۱ متر عرض و ۴۵ سانتیمتر ارتفاع و دیگری دارای ۱/۲۵ متر طول، ۱ متر عرض و ۵۲ سانتیمتر ارتفاع است. جای بست‌های فلزی را می‌توان بر روی سنگ‌ها مشاهده نمود. بست‌های فلزی کار نگهداری و تحمل وزن سنگ‌ها را به هنگام جداسازی سنگ به عهده داشته‌اند (تصویر ۷).



تصویر ۷. معدن شماره ۲ بیشاپور و نمونه سنگ برداشت شده برای انجام آزمایش‌ها

از این دو معدن نمونه‌هایی به منظور مطالعه‌ی میکروسکوپی برداشت شد. بررسی‌های انجام شده نشان داد که این دو محدوده‌ی معدنی از واحدهای سنگی با ترکیب و سیمان یکسان تشکیل شده‌اند. در شکل زیر (تصویر ۸-۱۰، ۲) واحدهای کلسیتی (CaCO_3) همراه با سیمان آهکی و تکه‌هایی از فسیل جلبک دیده می‌شود. بررسی‌های آنالیز شیمیایی سنگ‌های بیشاپور به روش آنالیز XRD وجود کانی‌های کلسیم، دولومیت (MgCaCO_3) را نشان می‌دهد. نمودار زیر (تصویر ۸-۳) نشان می‌دهد که این دو محدوده‌ی معدنی از واحدهای آهکی کرتاسه تشکیل شده است که در بخش‌هایی نیز حتی بلورهای کوارتز (SiO_2) دیده می‌شود.



تصویر ۸. ترکیب مقطع نازک معدن ۱ و ۲ بیشاپور و نمودار نتایج آزمایش XRF بر روی نمونه‌های برداشت شده

۴.۳. معدن سنگ ساسانی شماره ۱ دشت برم (کتل دختر): این معدن سنگ در فاصله ۱۵ کیلومتری شرق شهر کازرون و ۳۵ کیلومتری معادن سنگ شهر باستانی بیشاپور قرار دارد. معدن ذکرشده در موقعیت جغرافیایی N 29 34.7 86 و E 51 47.56 55 واقع شده، و از جمله معادن مهمی است که مانند دیگر معادن در ارتفاع ۳۰۰ متری از سطح دشت و زمین‌های اطراف قرار دارد. این معدن دارای ۱۲ متر طول، ۱۰ متر عرض و مساحتی برابر با ۱۲۰ متر مربع است. معدن فوق در کنار جاده باستانی و سنگفرش ساسانی که احتمالاً سنگ‌های آن برای ساخت این جاده مورد استفاده قرار می‌گرفته است، قرار دارد. برش سنگ‌ها در ابعاد مختلف شامل: ۱/۳۲ متر طول، ۴۳ سانتیمتر عرض و ۱ متر ارتفاع و در مورد دیگر، ۱/۱۳ متر طول، ۳۲ سانتیمتر عرض و ۵۴ سانتیمتر ارتفاع، به چشم می‌خورد (تصویر ۹). بر روی بعضی از سنگ‌ها و به خصوص در شکاف سنگ‌ها می‌توان گدازه فلزات را نیز مشاهده نمود.



تصویر ۹. معدن شماره ۱ دشت برم (کتل دختر) و نمونه سنگ برداشت شده برای انجام آزمایش‌ها

۴،۴. معدن سنگ شماره ۲ دشت برم (کتل دختر): معدن سنگ شماره ۲ دشت برم در قسمت شرقی و به فاصله‌ی ۷۰ متری از معدن سنگ شماره ۱، در دامنه‌ی کوه و درون دره قرار گرفته است. این معدن به طول ۱۲ متر، عرض ۱۱ متر و مساحت ۱۳۲ متر، در موقعیت جغرافیایی $N 29 34.7 74$ و $E 51 47 58.6$ و در ارتفاع ۱۰۲۳ متری از سطح دریا قرار دارد. کار برش سنگ‌ها در این معدن، از وسط یا مغز سنگ انجام می‌شده است. برش سنگ بیشتر از طریق بست‌های فلزی و احتمالاً قراردادن الوار چوب در میان سنگ‌ها بوده که می‌توان جای بست‌ها را نیز بر روی سنگ‌ها در این معدن مشاهده کرد. سنگ‌ها در ابعاد و اندازه‌های مختلف (طول ۱/۲۳ متر، عرض ۳۴ سانتیمتر و ارتفاع ۱ متر و دیگری به طول ۲ متر، عرض ۴۲ سانتیمتر و ارتفاع ۱/۱۲ متر و...) به‌منظور بیرون آوردن مغز سنگ‌ها تراش خورده‌اند چراکه مغز سنگ‌ها از استحکام و مقاومت بیشتری برخوردار است (تصویر ۱۰).



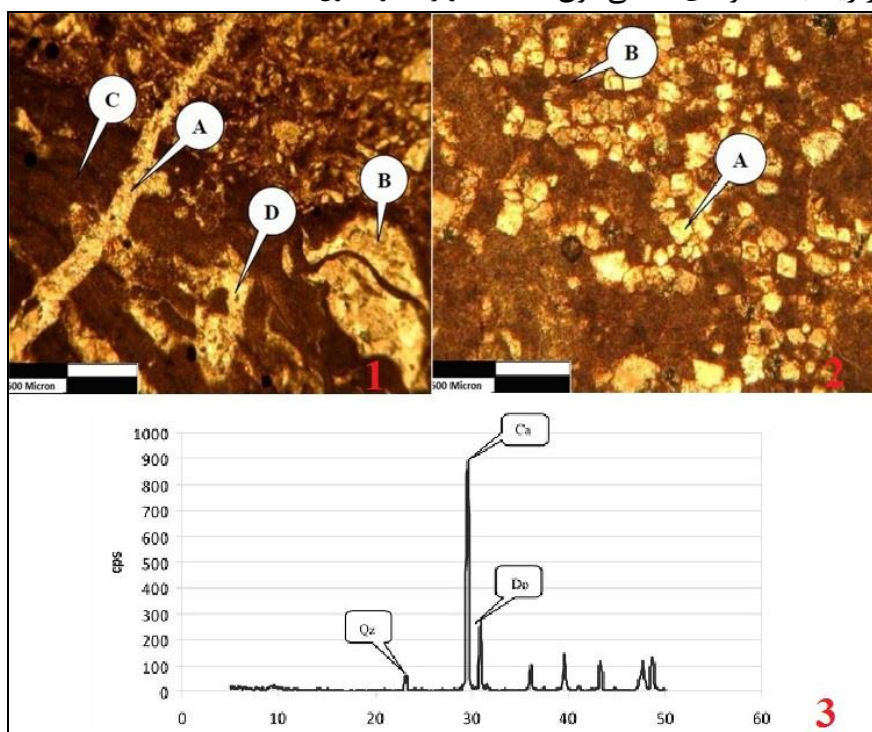
تصویر ۱۰. معدن شماره ۱ دشت برم (کتل دختر) و نمونه سنگ برداشت‌شده جهت انجام آزمایش‌ها

۴،۵. معدن سنگ شماره ۳ دشت برم (کتل پیرزن): معدن سنگ کتل پیرزن، در شرق شهرستان کازرون و به فاصله‌ی ۳۴ کیلومتری از شهر کازرون، ۵۴ کیلومتری از شهر بیشاپور و ۱۵ کیلومتری از معدن سنگ کتل دختر، قرار دارد. این معدن با عرض جغرافیایی $N 29 33,0 61$ ، طول $E 51 56,10 60$ و ارتفاع ۱۰۹۷ متر از سطح دریا واقع شده است. سنگ‌های برش‌خورده موجود در این معدن به شکل پراکنده در اطراف دیده می‌شوند. سنگ‌های آماده شده دارای ابعاد و اندازه‌های متفاوت بودند: به عنوان نمونه یکی به طول ۱/۲۵ متر، عرض ۱ متر و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر و دیگری به طول ۱/۳۴ متر، عرض ۱ متر و ارتفاع ۴۳ سانتیمتر است. در نزدیکی این معدن یک صدف سنگی که احتمالاً بنای سنگی بر روی آن ساخته شده بود، قرار داشته است. این بنای سنگی دارای سنگ‌های مکعب‌مستطیل بزرگ است که سنگ مورد نیاز آن از معدن نزدیک به آن تهیه می‌شده است (تصویر ۱۱).



تصویر ۱۱. معدن شماره ۳ دشت برم (کتل پیرزن) و نمونه سنگ برداشت شده برای انجام آزمایش‌ها

از این سه معدن شناسایی شده، دو نمونه برای مطالعه‌ی میکروسکوپی و یک نمونه برای آنالیز شیمیایی XRD برداشته شد. این محدوده‌ی معدنی به‌احتمال در نزدیکی یک زون گسلی قرار دارد که در مقاطع میکروسکوپی زون‌های کوارتز به‌صورت رگه‌ای دیده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی وجود یک فاز تأخیری در تشکیل زون‌های سیلیسی است. در نمونه‌ی آنالیز شده نیز وجود کانی‌های کلسیت و دولومیت نشان‌دهنده‌ی مشابهت بسیار زیاد با محدوده‌ی معدنی فوق است (تصویر ۱۲ و جدول ۱).



تصویر ۱۲. ترکیب مقطع نازک معادن و نمودار نتایج آزمایش XRF بر روی نمونه‌های برداشت‌شده معادن دشت برم

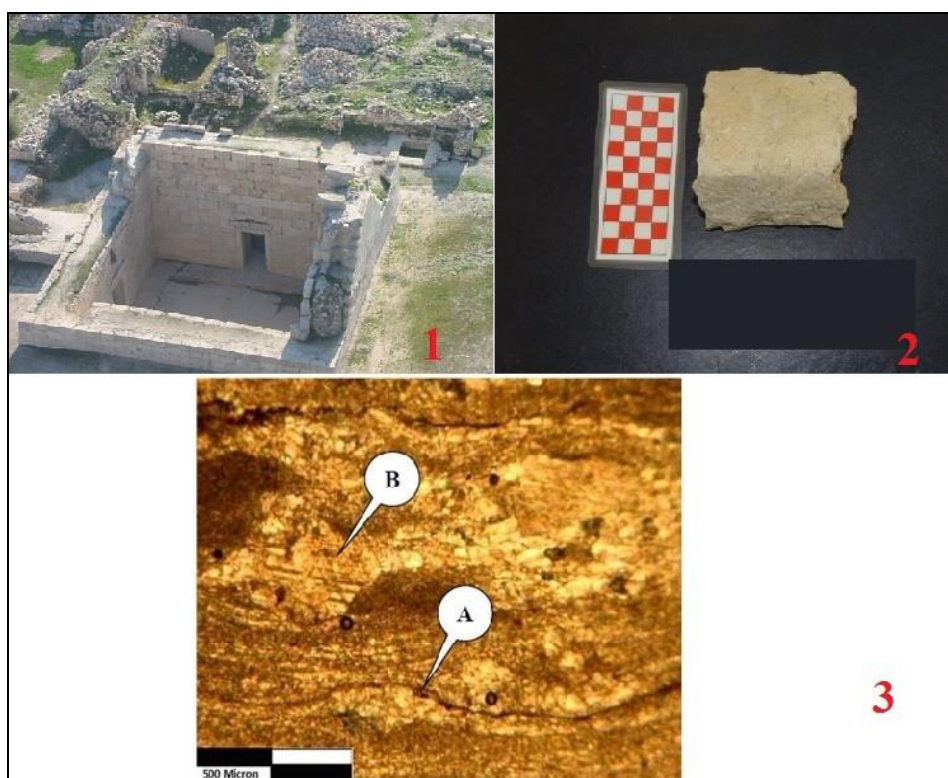
اکسیدهای اصلی	نمونه بناهای بیشاپور	نمونه معادن
SiO ₂	۰,۴۳	۱,۶۳
Al ₂ O ₃	۰,۱۴	۰,۰۹
Fe ₂ O ₃	۰,۲۱	۰,۰۳
CaO	۵۱,۳۱	۵۴,۵۴
Na ₂ O	۰,۰۶	۰,۱
K ₂ O	۰,۲۴	۰,۱۷
MgO	۲,۴۷	۱,۳۹
So ₃	۰,۱۴	۰,۰۴
MnO	۰,۰۰۱	۰,۰۰۳

جدول ۱. نتایج آزمایش XRD بر روی نمونه‌های برداشت شده معادن شناسایی شده و بناهای بیشاپور

۵. معرفی مکان‌های نمونه‌برداری شده بیشاپور و نتایج بررسی میکروسکوپی و کانی‌شناختی

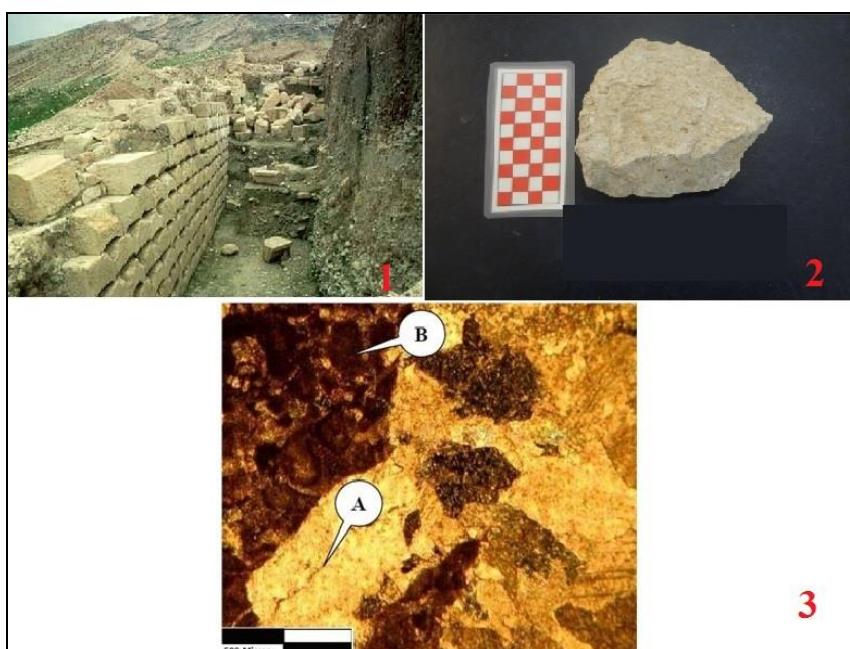
سنگ‌های بناها

۱.۵. معبد آناهیتا: معبد آناهیتا در ضلع شمالی شهر بیشاپور و در غرب تالار تشریفات قرار دارد. این بنا در زمان شاپور اول، در ابعاد ۱۴×۱۴ متر و در ارتفاع ۶ متری از سطح زمین ساخته شده است. سنگ‌های به‌کاررفته در معبد بیشتر از سنگ‌های مکعبی‌شکل منظم به ابعاد ۱ متر در ۴۵ سانتیمتر و در مواردی در ابعاد مختلف ساخته و پرداخت شده‌اند. در ضمن عملیات حفاری درون معبد، مسلم شده که این پرستشگاه، فاقد سقف مسطح بوده و با آنکه به شکل چهارگوش ساخته شده اما دارای گنبد نبوده است. برای احداث چنین پرستشگاه عظیمی، محوطه‌ای به ابعاد ۷×۲۳×۲۷ متر خاکبرداری و چنان پیش‌بینی شده که در عمق ۶ متری از سطح زمین‌های اطراف خود ساخته شود تا آب رودخانه‌ی شاپور که در فاصله‌ی ۲۰ متری آن جاری است به درون آن، سرازیر شود (سرفراز، ۱۳۷۹: ۲۳). سنگ‌های استفاده شده برای ساخت معبدرا ابتدا از معدن سنگ شماره ۱ و ۲ شهر بیشاپور جدا می‌کردند و پس از کارهای اولیه در محل، به کارگاه اصلی که احتمالاً در داخل شهر قرار داشته است، حمل می‌کردند و سپس تراش سنگ‌ها در کارگاه سنگ‌تراشی بیشاپور توسط کارگران سنگ‌تراش که در کار سنگ‌تراشی مهارت فوق‌العاده‌ای داشتند انجام می‌گرفت. سنگ‌های جداشده از معادن برای ساخت بنای معبد در ابعاد و اندازه‌های مختلف و به شکل تقریباً نامنظم دیده می‌شوند. دیواره‌ی معبد به شکل دو جداره ساخته شده و سپس بین جداره‌ها با قلوه‌سنگ‌های ریز پر شده است. سنگ‌های به‌کار رفته در معبد به‌وسیله‌ی چفت و بست‌های فلزی بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند و هیچ‌گونه ملاط خاصی در بین سنگ‌ها دیده نمی‌شود. برای ایجاد تاق‌های سنگی هلالی‌شکل که مهارت بیشتری نیاز داشته، می‌توان نقش هنرمندان رومی را مشاهده نمود. سنگ‌های به‌کاررفته در قسمت کف معبد به شکل مکعب‌مربع و بدون ملاط و سقف بدون پوشش است (تصویر ۱۳).



تصویر ۱۳. معبد آناهیتا بیشاپور، نمونه برداشت شده (شماره ۱، ۲) و ترکیب مقطع نازک سنگ‌های بنای معبد (شماره ۳)

۲.۵. کاخ والرین: در محوطه‌ی ارگ شاهی بقایای فروریخته‌ی بنایی با سنگ‌های چهارتراش و حجاری‌شده جالب توجهی وجود دارد که به نام کاخ والرین شهرت یافته است. نمای کاخ با سنگ‌های حجاری‌شده و قالبی با ابعاد ۷۰×۴۵ سانتیمتر ساخته شده است. نوع سنگ‌های مورد استفاده در این بنا تقریباً یکنواخت و یک اندازه در نظر گرفته شده و درگیری و اتصال آن‌ها به سبک معماری دوره هخامنشی با بست‌های آهنی (اسکوپ) صورت گرفته و بصورت دوجداره است. جدار داخلی بنا با سنگ‌های حجاری‌شده و قالبی و سطح خارجی باستثنای حواشی و اطراف درگاه‌ها که با سنگ ساخته شده، با روکش گچ سفیدکاری شده که به شکل یک کاخ سفید جلوه‌گر بوده است (سرافراز، ۱۳۷۹: ۱۵). این بنا در واقع، نسبت به دیگر بناهای ساسانی بیشاپور نسبت به معادن موجود فاصله‌ی نزدیک‌تری دارد. معدن سنگ موجود در ضلع شمالی این بنا و نوع سنگ‌های جداشده از آن، از کاربرد سنگ‌های این معدن در ساخت این بنا حکایت دارد. سنگ‌های به کار رفته در کاخ کمی بزرگ‌تر به نظر می‌رسد و اگر در داخل معدن دقت کنیم می‌توان آن‌را از طریق جدا شدن در هنگام کار مشاهده نمود. در قسمت‌هایی از این بنای باشکوه ساسانی نقش برجسته‌های متعدد و متنوعی بوده که تعدادی از این نقش برجسته‌ها در موزه بیشاپور موجود است. کاربری این بنا با توجه به کمبود منابع اطلاعاتی و عدم انجام یک کاوش هدفمند در این محوطه هنوز بطور دقیق مشخص نشده است ولی آنچه مسلم است با توجه به شکل پلان و نوع مصالح به کار رفته در این بنا می‌توان آن را جزء مهمی از مجموعه ارگ شاهی دانست (تصویر ۱۴).



تصویر ۱۴. کاخ والرین، نمونه برداشت‌شده (شماره ۱، ۲) و ترکیب مقطع نازک سنگ‌های بنای کاخ (شماره ۳)

۳،۵. برج و باروهای حصار دفاعی شهر بیشاپور: در دوره‌ی ساسانی با ساخت برج و بارو دور شهر، از ارگ شاهی که مهم‌ترین بخش شهر و بافت ساسانی بوده، محافظت می‌کرده‌اند (تصویر ۱۵-۱). برج باروها در بیشاپور در قسمت شمالی شهر، به شکل طولی و در امتداد بناهای مسکونی کشیده شده است. در این دوره و در زمان شاپور اول در ساخت برج‌های اطراف شهر از کارگران زیادی استفاده شده است که نقش کارگران رومی نیز بی‌تأثیر نبوده است. سنگ، گچ و ساروج در واقع مصالح اصلی این حصار دفاعی را تشکیل می‌داده است. در ساخت برج‌ها معمولاً از سنگ‌های کوچک‌تر استفاده شده است که در ابعاد و اندازه‌های مختلف و به شکل‌های گوناگون درآمده‌اند. دیواره‌ی برج‌ها نیز دوجداره بوده و بین جداره‌ها از قلوه‌سنگ‌های ریزتر و آوار خاک پر شده است. بررسی این برج و باروها نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که گرچه در بدو شهرسازی حصار دارای برج‌های سراسری بوده، در دوره‌های استقرار بعدی شهر، تغییرات کلی در حصار و برج‌های شهر پدید آمده که مظاهر آن قطع بعضی از برج‌ها در آن زمان و در نتیجه به‌دست آوردن فاصله‌ای در حدود ۸ متر بین برج‌های مضاعف در جناحین دیوار بوده است. یقیناً این تغییرات در حصار حفاظتی به‌منظور ایجاد تیرکشی‌های زیادتر و میدان دید بیشتر با تحولات اجتماعی و امنیت نظامی آن زمان که برای دفاع بهتر صورت گرفته توأم بوده است.



تصویر ۱۵. برج و باروهای شهر بیشاپور و نمونه برداشت‌شده

۶. بحث و تحلیل

تجزیه‌ی آزمایشگاهی داده‌های باستانی، در چهارچوب بررسی علمی نتیجه‌داری است که به‌وسیله فتاوری مدرن به فنون مختلفی منتهی شده است. این روش‌های آزمایشگاهی بر دو گونه از داده‌های آلی و غیرآلی یا معدنی تقسیم می‌شوند؛ مواد آلی ریشه در حیات زنده‌ی طبیعی دارد و شامل داده‌های حیوانی مانند استخوان و داده‌های گیاهی مانند چوب است و مواد غیرآلی ریشه در زمین و کانی‌ها مثل سنگ، سفال، شیشه و فلز دارند. استفاده از روش‌های آزمایشگاهی به ما کمک می‌کند که به نتایج علمی دقیق‌تر و مطمئن‌تری دست پیدا کنیم. فنون متعددی برای شناخت و بررسی مواد و عناصر تشکیل‌دهنده‌ی داده‌های باستانی وجود دارد. با استفاده از روش‌های پیشرفته‌ی آزمایشگاهی می‌توان به ابعاد گسترده‌تری از شناخت و کاربرد موادی چون سنگ‌ها در جوامع پیش‌ازتاریخ پی برد.

نخستین هدف در شناسایی مواد تشکیل‌دهنده‌ی اشیای باستانی، پی بردن به منشأ و محل تولید آن است. هرچند این مسئله درخصوص سنگ مرمر صدق نمی‌کند، برای منابع کانی گوناگون، به‌خصوص افسیدین، کهریا، قیر و بسیاری از مواد دیگر، اگر آزمایش به‌طور موفقیت‌آمیز انجام پذیرد و منشأ شی شناسایی شود، احتمال وجود این اشیاء در محوطه‌های دیگر که دارای منبع مشترک هستند بسیار است؛ از این‌رو، می‌توانیم وجود مسیرهای بازرگانی را مشخص کنیم.

همان‌طور که در پیشینه‌ی تحقیق ذکر شد، نظیر چنین مطالعاتی در خارج از ایران و در کشورهای چون یونان، ایتالیا، مصر و... روی اشیای مختلف از جمله سنگ صورت گرفته است. به‌عنوان نمونه، مؤسسه‌ی معدن‌شناسی دانشگاه استرالیا روی شماری از ساخته‌های مرمری قبور رومی منطقه‌ی فسچندورف انگلیس بررسی‌هایی انجام داد و در طی آن مشخص شد که مرمرهای جنوب منطقه‌ی ترولین به این مکان منتقل می‌شده است (Polikreti and Maniatis, 2002). در ایران نیز چنین مطالعاتی بر روی چند بنای مربوط به دوره‌ی هخامنشی از جمله تخت‌جمشید، هگمتانه و کاخ هخامنشی بردک سیاه در شهرستان براجان صورت گرفت است، ولی نظیر این مطالعات بر روی آثار و بناهای شاخص دوره‌ی ساسانی تاکنون صورت نگرفته است. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی بناهای تخت‌جمشید، مشخص شد که در بناهای تخت‌جمشید به‌لحاظ خصوصیات ظاهری و ترکیبات سنگ‌ها، دو نوع سنگ شامل: سنگ آهک رس‌دار حاوی فسیل اوربیتولین و سنگ آهک رس‌دار حاوی فسیل پلاژیک، به‌کار برده شده است (امان‌اللهی، ۱۳۸۴: ۷۹)، اما مطالعه‌ی درباره‌ی منشأیابی سنگ‌ها به انجام نرسیده است. همچنین، برطبق مطالعات صورت‌گرفته بر روی سنگ‌های کاخ هخامنشی بردک سیاه و معدن سنگی راهدار مشخص شد که سنگ‌های مورد استفاده برای ساخت کاخ بردک سیاه از نوع سنگ آهک کرم‌رنگ است که احتمالاً از معدن سنگ راهدار استخراج شده است (جعفری، ۱۳۸۴: ۲۶۹). همچنین بر اساس مطالعات صورت‌گرفته بر روی پایه‌ستون‌های هخامنشی در هگمتانه مشخص شد که برای ساخت پایه‌ستون‌ها از سنگ مادستون شیلی که یک نوع سنگ کربناته است استفاده شده و این نوع سنگ احتمالاً از منابع بومی استخراج می‌شده است (رشیدی‌نژاد، ۱۳۸۶: ۷۰).

در پژوهش حاضر ابتدا بررسی و نمونه‌برداری از سنگ‌های معادن شناسایی‌شده و نمونه‌برداری از سنگ‌های بناهای بیشاپور، و سپس آزمایش‌های لازم بر روی نمونه‌های برداشت‌شده صورت پذیرفت. از جمله روش‌هایی که به‌کار برده شد، روش آنالیز میکروسکوپی شامل مقطع نازک و آزمایش XRF و XRD بود. با

انجام آزمایش‌ها مشخص شد که سنگ‌های معادن و بناهای دوره‌ی ساسانی بیشاپور (کاخ والرین، معبد آناهیتا و برج و باروها) ترکیبات و ساختارهای مشابهی دارند.

باتوجه به نشانه‌ها و حفره‌های ایجاد شده در دل سنگ‌های معادن به‌نظر می‌رسد از دو روش برای استخراج سنگ‌ها استفاده شده است؛ روش نخست، استفاده از بست‌های فلزی برای نگهداری و جدا کردن سنگ‌ها از صخره بوده است. در روش دوم، معدن‌کاران برای جداسازی سنگ از کوه چند حفره با فاصله از یکدیگر و با عمق حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری در قسمت‌های مختلف سنگ‌ها ایجاد می‌کردند و سپس چوب‌هایی را در داخل حفره قرار می‌دادند و با ریختن آب داخل سنگ و نفوذ به درون چوب‌ها باعث تورق چوب و جدا شدن سنگ از کوه می‌شدند. برطبق شواهد موجود به‌نظر می‌رسد که برای جداکردن سنگ‌ها از معادن بیشتر از روش اول استفاده شده است. بررسی‌های به‌عمل‌آمده نشان می‌دهد که کار تراش سنگ‌ها در برخی از معادن در محل معدن (مثل معدن شماره ۲ بیشاپور) و در برخی از معادن، در کارگاه‌های ویژه صورت می‌گرفته است.

۷. نتیجه

چین‌خوردگی‌های این شهرستان تقریباً هم‌زمان با به‌وجود آمدن رشته‌جبال آلپ بوده و از اواخر دوران دوم شروع و به اواخر دوره‌ی سوم ختم می‌شود. تکتونیک ناحیه‌ی کازرون بطور کلی به‌نسبت آرام بوده و شکل ساختمانی آن بدون درهم‌ریختگی محفوظ مانده است. چین‌ها به وضع عادی ظاهر می‌شود و گسل‌های مهم با تغییر مکان زیاد در آن دیده نمی‌شود. گسل‌ها در ناحیه‌ی کازرون دارای دو جهت مختلف در امتداد محور چین‌خوردگی و در جهت عکس آن ظاهر می‌شود. وجود گسل‌های کربانته در سنگ‌های این منطقه نشان از پیدایش زمین‌لرزه‌های متناوبی است که در گذشته رخ داده و شکل‌گیری نوع گسل‌ها را موجب شده است. ترکیب مناسب سنگ‌شناسی واحدهای کربانته نشان داد که با توجه به فراوانی ساختارهای تکتونیکی، شرایط مناسبی برای تشکیل معادن و وقوع زلزله‌های بزرگ در منطقه وجود داشته است. بطور کلی، می‌توان اشاره کرد که نمونه‌های برداشت‌شده از سنگ‌های معادن که مورد آزمایش قرار گرفتند، درصد خلوص بالای سنگ‌های کربانته را نشان می‌دهد که در سنگ‌های استفاده شده برای ساخت بناهای بیشاپور نیز این شرایط حاکم است. بر اساس مطالعات آزمایشگاهی، درصد اکسید کلسیم و اکسید منیزیم سنگ‌های کربانته، بترتیب بیش از ۵۰ درصد و بالایی ۱ درصد است. کلسیت فراوان‌ترین کانی موجود در واحدهای سنگی مذکور است.

وجود کانی‌های آهکی و کلسیت‌دار و ترکیبات دیگر در مغز سنگ‌ها و پراکندگی آن در سطح منطقه بر اساس کارهای آزمایشگاهی صورت گرفته، و وسعت معادن و میزان دسترسی و مسافت نشان می‌دهد که در ادوار باستان بیشترین حجم سنگ استخراج شده از معادن سنگ بیشاپور به‌ویژه معدن شماره ۲ برای ساخت بناها صورت گرفته است. وجود این مواد معدنی در معادن منطقه‌ی دشت برم نیز صادق است، ولی احتمال استفاده از سنگ‌های معادن دشت برم در ساخت شهر بیشاپور، به‌علت فاصله زیاد کمتر است. محدوده‌ی معدنی (دشت برم) احتمالاً در نزدیکی یک زون گسلی قرار دارد که در مقاطع میکروسکوپی زون‌های کوارتز به‌صورت رگ‌ای دیده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی وجود یک فاز تأخیری در تشکیل زون‌های سیلیسی است. در نمونه‌ی آنالیز شده نیز وجود کانی‌های کلسیت و دولومیت نشان‌دهنده‌ی مشابهت بسیار زیاد با محدوده

معدنی نزدیک به آن دارد. وجود ذرات کوارتز در نتیجه کارهای آزمایشگاهی در سنگ‌های کارشده در معدن شماره یک و دو بیشاپور در مقایسه با معدن دشت برم کمتر است.

منابع

- امان‌الهی، حمید (۱۳۸۴)، «مطالعه تنوع سنگ‌های به‌کار رفته در تختگاه تخت جمشید بر اساس مطالعات باستان‌شناسی و نتایج سنگ‌شناسی»، پژوهش‌های باستان‌شناسی و مطالعات میان‌رشته‌ای، سال اول، شماره ۲، صص ۶۶-۸۰.
- امیری، مصیب و همکاران (۱۳۹۱)، «طبقه‌بندی و گونه‌شناسی سفال‌های ساسانی-اسلامی بیشاپور مطالعه موردی: سفال‌های فصل نهم کاوش»، مطالعات باستان‌شناسی، دوره ۴، شماره ۱، صص ۱-۳۲.
- جعفری، سید محی‌الدین (۱۳۸۴)، «بررسی میکروسکوپی و میکروسکوپی ستون‌های سنگی کاخ هخامنشی و معدن باستانی پوزه پلنگی راهدار»، گزارش‌های باستان‌شناسی، شماره ۴، صص ۲۶۵-۲۷۴.
- رشیدی‌نژاد، مسعود (۱۳۸۶)، «بررسی آزمایشگاهی آثار معماری هخامنشی محوطه هگمتانه همدان برای پی‌بردن به منابع احتمالی آن»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر فرهنگ خادمی ندوشن، دانشگاه تربیت مدرس.
- زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۴)، شهرنشینی و برنامه‌ریزی شهری در کازرون، چاپ اول، تهران، گنج هنر.
- شیخ‌الحکمایی، عمادالدین (۱۳۸۵)، کازرونیه، دفتر دوم (مجموعه مقالات کازرون‌شناسی)، تهران، کازرونیه.
- سرفراز، علی‌اکبر (۱۳۷۹)، راهنمای آثار باستانی بیشاپور، چاپ اول، شیراز، مصطفوی.
- گریشمن، رومن (۱۳۷۹)، بیشاپور، ترجمه اصغر کریمی، جلد اول، تهران، سازمان میراث فرهنگی و گردشگری (پژوهشکده).
- ماریو بوسایلی و امبرتو شرانو (۱۳۷۶)، هنر پارتنی و ساسانی، ترجمه یعقوب آژند، چاپ اول، تهران، مولی.
- مظفریان، منوچهر (۱۳۷۳)، کازرون در آئینه فرهنگ، چاپ اول، شیراز، نوید.
- مهریار، محمد (۱۳۷۸)، «پیشینه پژوهش‌ها و کاوش‌های باستان‌شناسی در بیشاپور»، مجموعه مقالات دومین کنگره تاریخ شهرسازی ایران، جلد دوم، تهران، سازمان میراث فرهنگی کشور (پژوهشگاه)، ۱۱-۶۹.
- نوروزی، رضا (۱۳۸۴)، مسجد جامع بیشاپور (پنجمین فصل از دور سوم مطالعات باستان‌شناسی بیشاپور)، مجموعه مقالات دومین همایش باستان‌شناسان جوان ایران، تهران: سازمان میراث فرهنگی و گردشگری، اداره کل امور فرهنگی، ۱۳۸۲، صص ۴۰۹-۴۳۰.

Antonelli, F., Santi, P., Renzulli, A., and Santoro Bianchi, S., 2016. Architectural reuse of Roman marble and stone Spolia in the Early Medieval Monte Sorbo Church (Sarsina, Central Italy), *Archeometry* 58 (3): 353-370.

Gluhak, T.M., and Schwall, C., 2015. Provenance analyses of the volcanic rock grinding stones from the Greek Colony of Selinunte, Sicily (Italy)—constraints and possibilities, *Archeometry*, 57 (2): 246-268.

Polikreti, K., and Maniatis, Y., 2002. A New methodology for the provenance of marble based on E P R Spectroscopy *Archeometry* 44 (1): 1-21.

Santi, P., Renzulli, A., and Bell, M., 2014. The volcanic millstones from the archaeological site of Morgantina (Sicily): provenance and evolution of the milling techniques in the Mediterranean area, *Archeometry* 57 (5): 803-821.